

**KARAKTERISTIK PAPAN SEMEN BERBAHAN BAKU KAYU KEMIRI  
(*Aleurites moluccana*) YANG DIBUAT MELALUI INJEKSI KARBON  
DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) UNTUK PERCEPATAN CURING SEMEN  
(Characteristics of Cement Board made from Candlenut Wood (*Aleurites  
moluccana*) Produced Using Carbon Dioxide Injection (CO<sub>2</sub>)  
to Accelerate Cement Curing Process)**

**Suhasman<sup>1)</sup>, Herpina Yanti<sup>2)</sup>, Bakri<sup>1)</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas  
Hasanuddin, Makassar

<sup>2</sup>Alumni Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar

Email : [suhasman@yahoo.com](mailto:suhasman@yahoo.com)

### ABSTRACT

*The main problem of cement board manufacturing technology is the length of curing time required to achieve the complete hardening cement. In this research, acceleration curing technology has been developed through injection of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). This research was aimed to analyze the characteristics of cement boards that are made by using CO<sub>2</sub> to accelerate the curing process. The wood materials used in this study was candlenut (*Aleurites moluccana*). Cement board is made with the composition of wood, cement, water: 1: 2.5: 1.25 with a target density of 1 g cm<sup>-3</sup>. CO<sub>2</sub> injection is applied in three phase namely, liquid phase (15°C temperature & 50 kg cm<sup>-2</sup> pressure), gas phase (27 °C temperature & 50 kg cm<sup>-2</sup> pressure), and super-critical phase (35 °C temperature & 80 kg cm<sup>-2</sup> pressure). Each phase is combined with three levels treatment time, namely, 10, 30, and 60 minutes. As a control, cement board with a conventional curing process that was conditioned for 28 days in room condition has been produced. The research results indicated that CO<sub>2</sub> injection applications in various phases to produce cement board have better characteristics compared to that of conventional cement board. Cement board using CO<sub>2</sub> injection in liquid phase has better characteristics compared to those of gas and super critical phases. However the optimum conditions achieved in the injection time for 60 minutes, while applications with supercritical CO<sub>2</sub> has been able to achieve the best results with 10 minutes of injection time.*

*Key words. Cement board, CO<sub>2</sub>, curing, candlenut wood*

### PENDAHULUAN

Masalah utama teknologi produksi papan semen adalah proses produksinya yang lambat karena semen memerlukan waktu beberapa minggu untuk mencapai proses pengerasan/pematangan (*curing*). Beberapa metode percepatan proses telah di-kembangkan seperti, perlakuan penyimpanan bahan baku dalam jangka waktu 14–20 minggu (Moslemi 1989), penambahan bahan aditif (Ma *et al.* 1997), penggunaan teknologi injeksi uap panas (Ma *et al.* 1998), penggunaan teknologi *curing autoclave* (Nagadomi

*et al.* 1996; Maail *et al.* 2006), serta penggunaan CO<sub>2</sub> (Simatupang *et al.* 1993, English *et al.* 1997, Hermawan *et al.* 2001; 2002).

Review yang dilakukan oleh Frybort *et al.* (2008) menunjukkan bahwa penggunaan CO<sub>2</sub> pada fase gas maupun superkritis sampai saat ini masih merupakan metode alternatif yang paling menjanjikan dalam percepatan proses produksi papan semen dan perbaikan sifat mekanisnya. Penggunaan teknologi injeksi CO<sub>2</sub> selama proses *curing* mampu mereduksi

waktu pengerasan menjadi 1 jam saja, dan sifat mekanis papan yang dihasilkan setara atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan papan semen konvensional yang melalui proses curing selama 21 hari (Hermawan *et al.* 2002).

Aplikasi CO<sub>2</sub> pada teknologi pembuatan papan semen berbahan baku dua jenis kayu asal Jepang yaitu Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) dan Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endl) (Hermawan *et al.* 2001) menghasilkan papan semen dengan sifat mekanis yang lebih baik dari papan semen berbahan baku limbah tandan kosong kelapa sawit (Hermawan *et al.* 2002), khususnya pada parameter nilai keteguhan rekat. Namun demikian, penelitian sejenis yang menggunakan bahan baku kayu dari daerah tropis, khususnya yang dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia, sejauh ini belum dilaporkan.

Laporan penelitian Hermawan *et al.* (2002) juga menjelaskan bahwa suhu yang diaplikasikan pada CO<sub>2</sub> untuk mencapai fase gas dan superkritis cukup tinggi yaitu 50°C, meskipun sebenarnya fase superkritis tersebut sudah dapat dicapai pada suhu minimal 30,84°C (Kitao *et al.* 1998). Hal ini mengindikasikan bahwa masih terdapat peluang untuk mengaplikasikan CO<sub>2</sub> pada fase gas dan superkritis dengan suhu yang lebih rendah sehingga akan mereduksi penggunaan energi. Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari karakteristik papan semen dari jenis kayu kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan aplikasi injeksi CO<sub>2</sub>

pada fase cair, gas, dan superkritis pada proses *curing*-nya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu kemiri (*A. Moluccana*) yang diperoleh dari areal hutan rakyat di Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. Kayu tersebut dikeringudarkan kemudian dibuat menjadi partikel dengan ukuran lolos 5 mesh dan tertahan 10 mesh untuk bagian *core*, dan lolos 10 mesh dan tertahan 20 mesh untuk bagian *face* dan *back*. Partikel kering udara kemudian direndam dengan air dingin dalam wadah plastik pada suhu kamar selama 48 jam dan airnya diganti setelah 24 jam. Partikel tersebut kemudian diangin-anginkan sampai mencapai kadar air antara 30–50%. Setelah kisaran kadar air partikel yang diinginkan tercapai, maka partikel tersebut telah siap digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan semen. Bahan lain yang digunakan adalah semen portland produksi PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan.

### Pembuatan Papan dan Pengujian

Papan semen dibuat dengan perbandingan partikel, semen dan air adalah 1 : 2,5 : 1,25. Setiap papan dibuat dengan kerapatan sasaran 1 g cm<sup>-3</sup> dan ketebalan sasaran 1 cm. Untuk menghasilkan papan dengan permukaan yang halus, maka pada kedua permukaan papan digunakan partikel yang lebih halus sedangkan untuk bagian *core* digunakan partikel yang lebih kasar dengan perbandingan 15% : 70% : 15%. Adonan dibuat dengan

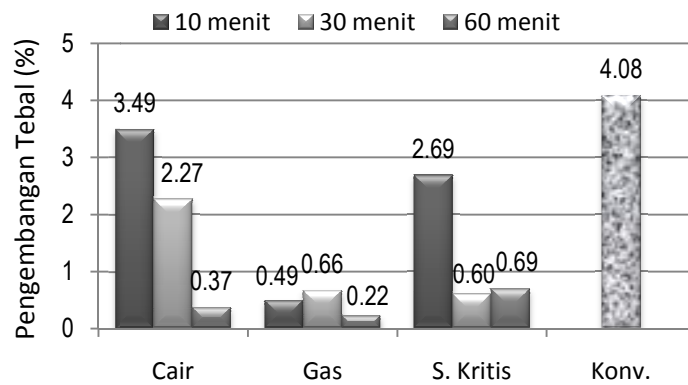
mencampur partikel, semen dan air sampai homogen. Campuran tersebut kemudian dicetak dalam cetakan berukuran 15 cm x 20 cm x 1 cm di atas plat besi yang dilapisi plastik transparan. Campuran yang telah disusun dalam cetakan pada plat besi kemudian dikempa sampai ketebalan 1 cm. Plat besi yang berisikan campuran yang telah dipress, diisolasi disekelilingnya dan dibiarkan pada suhu kamar selama 24 jam untuk mencapai proses *setting*.

Papan yang telah mengalami proses *setting* kemudian diberi perlakuan lanjutan berupa injeksi CO<sub>2</sub> dengan variasi waktu injeksi dan fase CO<sub>2</sub> untuk mencapai *curing*. Injeksi CO<sub>2</sub> dilakukan dengan terlebih dahulu memasukkan papan ke dalam tabung. Ke dalam tabung tersebut kemudian dialirkan CO<sub>2</sub>. Fase cair, gas, dan superkritis dicapai dengan cara mengatur suhu dan tekanan pada tabung yaitu suhu 15°C dan tekanan 50 kg cm<sup>-2</sup> untuk kondisi CO<sub>2</sub> cair, suhu 27°C dan tekanan 50 kg cm<sup>-2</sup> untuk kondisi CO<sub>2</sub> gas, dan suhu 35°C dan tekanan 80 kg cm<sup>-2</sup> untuk kondisi CO<sub>2</sub> superkritis. Masing-masing kondisi tersebut kemudian dipertahankan selama 10, 30 dan 60 menit. Setelah itu, papan dikeluarkan dari dalam tabung dan dimasukkan ke dalam desikator selama  $\pm$  15 menit. Papan kemudian dikondisikan pada suhu 80°C selama 10 jam. Untuk papan semen konvensional (K), proses *curing* berlangsung selama 28 hari pada kondisi ruang sebelum

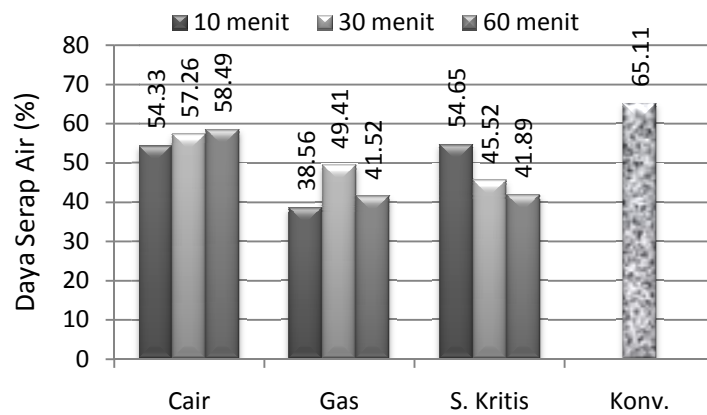
dipotong dan diuji sifat fisik dan mekanisnya. Parameter yang diuji meliputi pengembangan tebal, daya serap air, *internal bond*, keteguhan patah atau modulus of rupture (MOR), dan modulus elastisitas (MOE). Pelaksanaan pengujian merujuk pada Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908 2003.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pengembangan tebal papan menurun secara signifikan seiring dengan bertambahnya waktu injeksi CO<sub>2</sub>. Dari histogram pada Gambar 1 diketahui bahwa pengembangan tebal terendah (stabilitas dimensi terbaik) diperoleh pada perlakuan CO<sub>2</sub> fase gas. Stabilitas dimensi yang tinggi pada fase tersebut sudah sangat baik pada perlakuan injeksi 10 menit, sementara pada fase cair dan superkritis, perbaikan baru dicapai pada injeksi 30 menit. Terdapat kecenderungan bahwa peningkatan waktu injeksi CO<sub>2</sub> juga meningkatkan stabilitas dimensi papan, meskipun perbedaan antara perlakuan selama 30 menit dan 60 menit tampak tidak berbeda secara signifikan. Secara keseluruhan diketahui bahwa stabilitas dimensi papan semen dengan perlakuan CO<sub>2</sub> jauh lebih tinggi dibandingkan dengan papan semen dengan metode *curing* konvensional. Hal ini terutama terjadi pada injeksi CO<sub>2</sub> selama 60 menit.



Gambar 1. Pengembangan Tebal Papan Semen (*Thickness Swelling of Cement Board*)



Gambar 2. Daya Serap Air Papan Semen (*Water Absorption of Cement Board*)

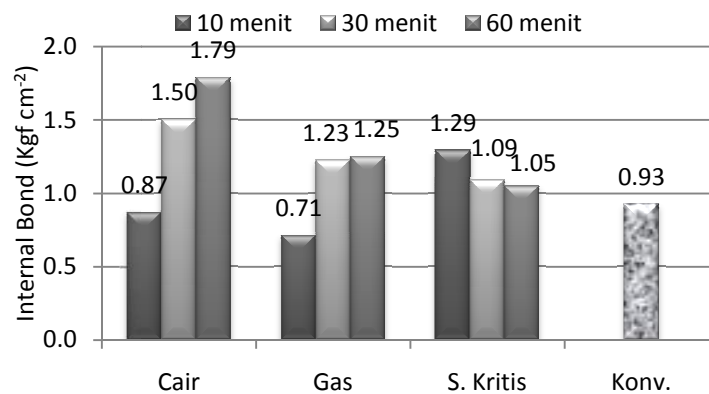
Seperti halnya pengembangan tebal, perlakuan injeksi CO<sub>2</sub> juga secara keseluruhan menghasilkan papan dengan daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan papan semen dengan proses *curing* konvensional. Namun demikian hubungan daya serap air papan semen dengan peningkatan waktu injeksi pada berbagai fase CO<sub>2</sub> berbeda-beda. Pada fase cair, peningkatan waktu injeksi menghasilkan papan dengan daya serap air yang semakin meningkat, sementara hal sebaliknya terjadi pada fase superkritis. Adapun pada fase gas, daya serap air tertinggi terjadi pada waktu injeksi 30 menit. Meskipun daya serap air sebenarnya memiliki hubungan yang erat dengan pengembangan tebal namun

dalam penelitian ini perbedaan daya serap air antara papan semen konvensional dengan papan yang diberi perlakuan injeksi CO<sub>2</sub> tampak tidak sebesar pengembangan tebalnya. Daya serap air terendah pada papan semen dengan injeksi CO<sub>2</sub> fase gas hanya ½ dari daya serap air papan konvensional, sementara pengembangan tebal terendah adalah 1/20 kali.

Nilai-nilai sifat mekanis yang meliputi *internal bond*, MOR, dan MOE disajikan pada Gambar 3, 4, dan 5. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa aplikasi injeksi CO<sub>2</sub> untuk percepatan proses *curing* papan semen menghasilkan papan yang memiliki sifat fisik dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan papan semen

dengan proses *curing* konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi CO<sub>2</sub> tersebut tidak hanya mampu mereduksi waktu *curing* secara signifikan, namun juga dapat meningkatkan stabilitas dimensi dan sifat mekanis papan semen. Percepatan waktu *curing* ini dapat terjadi karena untuk mengeras, semen memerlukan CO<sub>2</sub> yang secara konvensional diserap dari udara yang konsentrasinya sangat rendah. Dengan injeksi CO<sub>2</sub> ke dalam

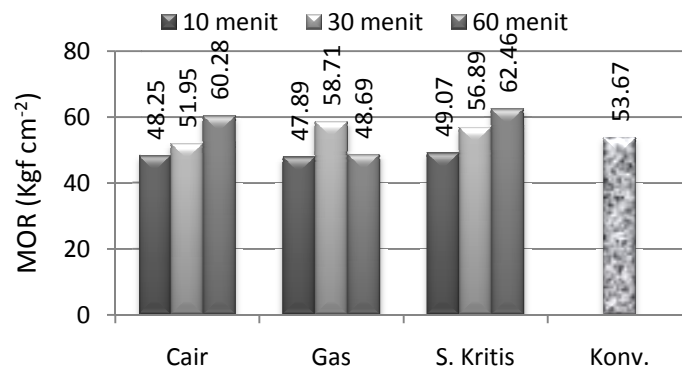
papan, maka masalah keterbatasan CO<sub>2</sub> dapat dieliminasi. CO<sub>2</sub> yang ditambahkan ke dalam campuran semen akan segera membentuk kalsium karbonat melalui mekanisme reaksi :  $(\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})$ . Kalsium karbonat tersebut menghambat pembentukan senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) dalam waktu yang relatif lama yang dapat mengganggu proses pengerasan semen (Simatupang dan Habigorst 1993).



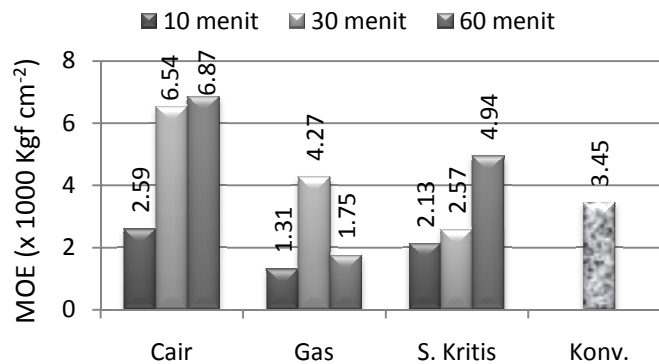
Gambar 3. Keteguhan rekat Papan Semen (*Internal Bond of Cement Board*)

Dari ketiga fase CO<sub>2</sub> yang diaplikasikan pada proses *curing* papan semen, fase cair menghasilkan papan semen dengan karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan fase gas dan super kritis. Hal ini terutama ditemukan pada aplikasi injeksi CO<sub>2</sub> sampai 60 menit. Pada fase cair ini, stabilitas dimensi dan sifat mekanis papan secara keseluruhan meningkat dengan bertambahnya waktu injeksi CO<sub>2</sub> dari 10 menit menjadi 60 menit. Hal ini berbeda dengan aplikasi pada fase gas dan superkritis. Pada fase gas

karakteristik terbaik diperoleh pada waktu injeksi 30 menit, khususnya dalam hal MOR dan MOE, sementara pada fase super kritis, karakteristik papan semen semakin baik untuk parameter stabilitas dimensi, MOE dan MOR-nya akan tetapi *internal bond*-nya menurun. Hal yang hampir sama juga ditemukan dalam penelitian Hermawan (2001, 2002), dimana terjadi kecenderungan penurunan internal bond seiring dengan bertambahnya waktu aplikasi.



Gambar 4. Keteguhan Patah Papan Semen (*MOR of Cement Board*)



Gambar 5. Modulus Elastisitas Papan Semen (*MOE of Cement Board*)

Fenomena-fenomena di atas mengindikasikan bahwa untuk menghasilkan papan semen dengan kualitas terbaik, maka aplikasi  $\text{CO}_2$  pada fase superkritis cukup dengan waktu injeksi 10 menit, sementara pada fase cair memerlukan waktu yang lebih lama yaitu 60 menit. Data yang diperoleh dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa aplikasi  $\text{CO}_2$  pada fase cair ternyata menghasilkan papan semen yang cenderung lebih baik dibandingkan dengan fase superkritis. Namun demikian, apabila dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh Hermawan *et al.* (2001; 2002), maka sifat mekanis papan semen yang diperoleh dengan menggunakan

bahan baku kayu kemiri jauh lebih rendah dari yang diperoleh dalam penelitian tersebut. Nilai MOR dalam penelitian tersebut mampu mencapai  $200 \text{ kgf cm}^{-2}$  serta internal bond di atas  $10 \text{ kgf cm}^{-2}$ , sementara dalam penelitian ini nilainya masing-masing hanya  $60 \text{ kgf cm}^{-2}$  dan  $1,8 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Di samping disebabkan oleh perbedaan jenis bahan baku, hal tersebut juga disebabkan oleh perbedaan kerapatan sasaran papan yang dibuat, dimana dalam penelitian ini kerapatan papan adalah  $1 \text{ g cm}^{-3}$ , atau lebih rendah  $0,2 \text{ cm}^{-3}$  dibandingkan dengan papan yang dibuat dalam Penelitian Hermawan *et al.* (2001; 2002).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa injeksi CO<sub>2</sub> pada fase cair, gas, maupun superkritis telah berhasil diaplikasikan untuk menghasilkan papan semen dengan waktu *curing* yang sangat singkat (1 jam) dan menghasilkan papan semen dengan sifat fisik dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan papan semen dengan metode *curing* konvensional (28 hari). Dari ketiga fase CO<sub>2</sub> yang diaplikasikan, fase cair menghasilkan papan semen dengan karakteristik terbaik, namun membutuhkan waktu aplikasi yang lebih lama yaitu 60 menit, sementara aplikasi pada fase superkritis hanya memerlukan waktu 10 menit.

## DAFTAR PUSTAKA

- English B, Chow P, Bajwa D S, 1997. Processing into Composites. In Rowell R M, Young R A, Rowell J K, editors. Paper and Composites from Agro-Based Resources. Lewis Publisher. USA.
- Frybort S, R Mauritz, A Teischinger, U Muller, 2008. Cement Bonded Composites – A Mechanical Review. Bioresource. 3 (2) : 602-626.
- Hermawan D, T Hata, K Umemura, S Kawai, W Nagadomi, Y Kuroki, 2001. Rapid Production of High-strength Cement-bonded Particleboard Using Gaseous or Supercritical Carbon Dioxide. Journal of Wood Science. (47) : 294-300.
- Hermawan D, T Hata, S Kawai, W Nagadomi, Y Kuroki, 2002. Manufacturing oil palm fronds cement-bonded board cured by gaseous or supercritical carbon dioxide. Journal of Wood Science. (48) : 20-24.
- Kitao, O., K. Tanabe, S. Ono, S. Kumakura, dan K. Nakanishi. 1998. Theoretical studies on the cluster structure in the supercritical area. Fluid Phase Equilibria 144(1-2), 279-286.
- Ma L, Y Kuroki, W Nagadomi, B Subiyanto, S Kawai, H Sasaki. 1997. Manufacturer of Bamboo-cement Composites II : Effect of Additive on hydration characteristic of bamboo-cement mixtures. Japan Wood Research Society. 43 (9) ; 754-761.
- Ma L, Kuroki Y, Nagadomi W, Kawai S, Sasaki H. 1998. Manufacture of Bamboo-cement Composites III : Effect of Sodium Carbonate on Cement Curing by Steam Injection Pressing. Journal of Wood Science. Japan Wood Research Society. 44 (4) ; 262-272.
- Maail R S, D Hermawan, Y S Hadi, 2006. Manufacture of Cement-Gypsum Board Using Core kenaf (*Hibiscus cannabinus*) With Curing Autoclave Technology. Yusoff M N M *et al.*, editors. Proceeding of the 8<sup>th</sup> Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Kuala Lumpur Malaysia : 20 – 23 November 2006.

- Moslemi, 1989. Wood-Cement Panel Products : Coming Age. Proceeding of Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binder Conference. Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin, USA.
- Nagadomi W, Kuroki Y, Kawai S, Sasaki H, 1996. Rapid Curing of Cement Bonded Particleboard with Silica Fume II: Effect of Autoclave Curing on Cement Hydration . Journal of Wood Science. Japan Wood Research Society. 42 (12) ; 1202-1210.
- Simatupang M H, Habighorst C, 1993. The Carbon Dioxide Process to Enhance Cement Hydration in Manufacturing of Cement-bonded Composites – Comparison With Common Production Method. Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin, USA. 3:114-120 (1993).